

ZEMLJANI RADOVI

Tijekom izvođenja zemljanih radova izvođač je dužan obavljati kontrolu mjera i nagiba, evidenciju kategorija materijala u iskopima, a dokaze o ispravnosti treba podnijeti nadzornom inženjeru. Sve gotove površine moraju biti izvedene prema projektu ili zahtjevima nadzornog inženjera u pogledu uzdužnih i poprečnih nagiba i zadovoljavajućih ravnosti.

Široki iskop

Tijekom izvođenja radova u širokom iskopu izvođač je dužan obavljati (osigurati):

- da se svi iskopi izvedu prema predviđenim visinskim kotama i propisanim nagibima kosina iz projekta, odnosno po zahtjevima nadzornog inženjera
- paziti da tijekom rada na iskopu ne dođe do potkopavanja ili oštećenja projektom predviđenih pokosa uslijed čega bi moglo doći do klizanja i odrona
- za vrijeme rada na iskopu pa do završetka svih radova na objektu, izvođač je dužan osigurati pravilnu odvodnju i time spriječiti oštećenja izrađenih pokosa i njihov stabilitet
- da se iskop do predviđene kote planuma posteljice smije obaviti samo ako materijal nije osjetljiv na utjecaj atmosferilija. Ako jest, tada iskop treba obaviti 0,2-0,3 m iznad kote planuma, a konačni iskop obaviti neposredno prije izrade posteljice i kolničke konstrukcije
- kontrolu nagiba radnih pokosa da se kreću u granicama 1:1 za nevezana krupnozrnata tla, do 1:3 za sitnozrnata vezana koherentna tla

Iskop stepenica

Ako je na trasi potrebno raditi stepenice, treba ih izvoditi na svim nagibima većim od 20 % da bi se osiguralo stabilno nalijeganje nasipa na temeljno tlo. Stepenice mogu biti široke 2,00-5,00 m, nagnute u smjeru nizbrdo 4 %, kosine zasjeka od 2:1 do 3:1, što ovisi o vrsti i svojstvima tla i nagibu terena. Na kamenim terenima gdje ima neravnina koje sprečavaju klizanje tijela nasipa, stepenice se ne moraju izvoditi. Temeljno tlo na stepenicama mora imati traženu zbijenost, ovisno o vrsti i visinskom položaju.

Iskop odvodnih jaraka

Na mjestima gdje su projektirani odvodni jarci potrebno je kontrolirati ravnost dna i bočnih strana jaraka te projektirane padove.

Prijevoz materijala

Ako na trasi postoje značajne količine viška materijala u iskopu, izvođač je dužan osigurati prijevoz viška materijala do nasipa ili odlagališta, te uskladiti način i kapacitet prijevoza sa načinom i kapacitetom iskopa (utovara).

Uređenje temeljnog tla mehaničkim zbijanjem

Dubina uređenja temeljnog tla iznosi do 30 cm. Tlo je potrebno urediti da bi bilo sposobno bez štetnih posljedica preuzeti opterećenja nasipa, kolničke konstrukcije i prometnog opterećenja.

Temeljno tlo se prije zbijanja postupcima vlaženja, rahljenja i sušenja mora dovesti u stanje optimalne vlažnosti po standardnom Proctorovu postupku (HRN U.B1038). Veliku pažnju treba posvetiti očuvanju temeljnog tla od prekomjernog vlaženja, te za vrijeme građenja mora biti osigurana odvodnja temeljnog tla.

Propisi na temelju kojih se kontrolira kakvoća materijala u temeljnom tlu prema hrvatskim normama (HRN): U.B1.010/79, U.B1.012/79, U.B1.014/68, U.B1.016/68, U.B1.018/80, U.B1.020/80, U.B1.024/68, U.B1.038/68, U.B1.046/68, U.E1.010/81.

Tekućim i kontrolnim ispitivanjima obuhvatiti određivanje stupnja zbijenosti u odnosu na standardni Proctorov postupak (Sz) ili određivanje modula stižljivosti (Ms) kružnom pločom Ø 30 cm najmanje na svakih 1000 m² uređenog temeljnog tla.

Tablica 1. Kriteriji za ocjenu kakvoće temeljnog tla

Vrste materijala	Stupanj zbijenosti Sz (u odnosu na standardni Proctorov postupak), najmanje (%)	Modul stišljivosti Ms (ploča Ø 30 cm), najmanje (MN/m ²)
Zemljani materijali:		
(dio materijala iskopne kategorije "C" - sve gline niske do visoke plastičnosti i prašinasta tla)		
a) Srasla tla sastavljena od koherentnih zemljanih materijala, a projektirani nasip nije viši od 2,00 m	97	20
b) Srasla tla sastavljena od koherentnih zemljanih materijala, a projektirani nasip je viši od 2,00 m	95	20
Nekoherentni materijali i miješani materijali:		
(materijali iskopne kategorije "A" i "B" i dio materijala kategorije "C", kameni materijali, miješani kameni i zemljani materijali, glinoviti šljunci, zaglinjene kamene drobine, flišni pješčenjaci, dolomiti, škriljci, konglomerati, pijesci, pjeskoviti šljunci).		
c) Srasla tla sastavljena od nekoherentnih zemljanih i miješanih materijala, a projektirani nasip nije viši od 2,00 m	100	25
d) Srasla tla sastavljena od nekoherentnih zemljanih i miješanih materijala, a projektirani nasip je viši od 2,00 m	95	25

Uređenje slabo nosivog temeljnog tla i posteljice geotekstilom

Način djelovanja geotekstila u područjima primjene u zemljanim radovima i temeljnom tlu može se utvrditi njihovom funkcijom. Ovdje su mjerodavne slijedeće mehaničke i hidrauličke zadaće: 1. razdvajanje, 2. pojačavanje, 3. filtriranje i 4. dreniranje. Ove se zadaće pojavljuju kao kombinacija različitih pojedinačnih funkcija.

Geotekstili sprječavaju svojom funkcijom razdjeljivanja miješanje dvaju materijala bitno različitih svojstava. Na taj se način zadržava cjelovitost i funkcija obaju slojeva, pri čemu debljina pojedinog sloja ostaje nepromijenjena. Pojačanjem se povećava nosivost konstrukcije. Filtriranje i dreniranje omogućuju pravilnu odvodnju s tla, pa se povećava posmična otpornost. Svaki geotekstil primijenjen u zemljanim radovima i temeljnom tlu mora bez obzira na svoju funkciju izdržati uvjete ugradnje. Pri ugradnji pojavljuju se dinamička i statička naprezanja na proboj, pucanje i razvlačenje koji se simulira sljedećim ispitivanjima: 1. ispitivanje statičkim probijanjem

– ovim se postupkom simulira opterećenje geotekstila pri navoženju i zbijanju grubog zrnatog nasipnog materijala, 2. vlačno ispitivanje – odnos sile i istezanja opisan je postupkom vlačnog istezanja; pri tome određena maksimalna vlačna sila i istezanje jesu mjerodavne značajke materijala za funkciju pojačanja, 3. ispitivanje dinamičkim probijanjem – ovim se postupkom simulira zatrpavanje geotekstila grubim, oštrim nasipnim materijalom, 4. dinamičko ispitivanje proboja piramidom – promjenjiva naprezanja kojima je izložen geotekstil pri zbijanju i ponovljenim navoženjem (naročito kod malih nasipnih debljina) simuliraju se postupkom dinamičkog proboja piramidom.

Za postavljanje mehaničkih zahtjeva za geotekstil namijenjen stabilizaciji prirodnog tla mjerodavni su sljedeći parametri: 1. vrsta tla, 2. nasipni materijal, 3. prometno opterećenje.

Prije ugradnje geotekstila grube neravnine tla treba izravnati. Geotekstil se polaže na ravnu, odgovarajuće pripremljenu površinu. Spojevi se izvode preklapanjem, zavarivanjem ili šivanjem, pri čemu treba uzeti u obzir odgovarajuće naputke proizvođača.

Preklapanje ovisi o kutu trenja geotekstila, a time i o hrapavosti površine. Najmanje/minimalne duljine preklapanja iznose 50cm za netkane i 80 cm za tkane geotekstile. Da se spriječi klizanje geotekstila na mjestu preklapanja pri nasipanju, preklapanje se izvodi u smjeru nasipanja materijala.

Pri zavarivanju geotekstila površine koje treba zavariti se zagriju širokim plinskim plamenikom ili vrućim zrakom. Odmah nakon toga preklopi se mjesto vara odrolanim geotekstilom i hodanjem se pritisne jedan smotak na drugi. Zavarivanje se smije izvoditi samo ako je geotekstil suh.

Prvi nasipni sloj se na geotekstil nanosi s čela jer treba izbjegavati vožnju kamionom po geotekstilu. Debljina prvog nasipnog sloja na slabo nosivim tlima (modul deformacije $E_{v1} < 7,5 \text{ MN/m}^2$, odnosno modul stižljivosti $M_s < 15 \text{ MN/m}^2$) u zbijenom stanju treba iznositi barem trostruku veličinu najvećega zrna, odnosno najmanje 30 cm. Način zbijanja (statičko, dinamičko) se odabire ovisno o temeljnom tlu i nasipnom materijalu. Traženu debljinu sloja treba postići na čitavoj širini. Prema potrebi, udubljenja (kolotrazi) treba ispuniti materijalom, a sloj nasipa po cijeloj širini ponovo sabiti.

Uređenje slabog temeljnog tla primjenom polimernih geomreža

Rad obuhvaća sve aktivnosti potrebne za osposobljavanje slabo nosivog ili suviše vlažnog temeljnog tla za izradu nasipa iznad njega. Te aktivnosti uključuju odstranjivanje slabog temeljnog tla, ako je potrebno zbog male visine nasipa, polaganje polimernih geomreža i izradu nasutog sloja od zrnatog kamenog materijala iznad polimernih geomreža. Planum tog nasutog sloja smatra se temeljnim tlom na kome se može raditi nasip, a može se smatrati i posteljicom ako zadovoljava tražene kriterije ocjenjivanja kakvoće.

Ovakav način uređenja slabo nosivog ili suviše vlažnog temeljnog tla primjenjuje se zbog svojstava ili stanja vlažnosti tla, uz odgovarajući način rada, ne

mogu postići zahtjevi iz Tablice 1., a služi da bi se omogućila izrada nasipa prema kriterijima za nasipe, odnosno posteljicu.

Pri uređenju temeljnog tla mogu se primijeniti polimerne geomreže tipova A, B, C, D, E, F i G, a i ostale vrste geomreža ako ispunjavaju tehnička svojstva navedena u Tablici 2.

Osim osnovnih tehničkih svojstava iz Tablice 2., polimerne geomreže koje se primjenjuju u cestogradnji moraju imati i ova povoljna svojstva: 1. otpornost na kemijske i bakteriološke utjecaje, 2. otpornost na štetno djelovanje smrzavice, 3. postojanost na ultraljubičastu svjetlost (sunčeve zrake) i 4. otpornost protiv djelovanja životinja (Štetočina).

Izvođač je dužan pribaviti odgovarajuće tehničke podatke o polimernim geomrežama od proizvođača s navedenim područjima primjene, načinom uporabe i načinom utvrđivanja kakvoće. Primjenu određene vrste polimernih geomreža mora odobriti nadzorni inženjer nakon što mu je izvođač predao u originalu dokaz o uporabljivosti.

Za izradu nasipnog sloja ili posteljice, iznad geomreža mogu se primijeniti miješani ili kameni materijali prema uvjetima iz Tablica 4. i 5.

Tablica 2. Tehnička svojstva polimernih mreža

Svojstva polimernih mreža	Vrste polimernih mreža						
	A	B	C	D	E	F	G
Masa po jedinici površine (g/m ²) HRN EN 965	200	300	450	300	200	300	300
Veličina otvora (mm)	39/39	39/39	33/33	28/40	65/65	65/65	40/30
Vlačna čvrstoća maksimalna popr./uzd. (kN/m) HRN EN ISO 10319	20/20	30/30	40/40	31,5/17,5	20/20	30/30	20/30
Vlačna čvrstoća pri 2 % deformacije popr./uzd. (kN/m) HRN EN ISO 10319	7/7	10,5/10,5	14/14	12/7	8/7	12/11	10/6
Vlačna čvrstoća pri 5 % deformacije popr./uzd. (kN/m) HRN EN ISO 10319	14/14	21/21	28/28	23/14	15/14	25/22	20/12
Torziona krutost u ravnini (Nm/°)	0,5	0,9	1,2	0,9	1,16	1,51	-
Tipična čvrstoća čvora (% vl. čvrstoće) GRI Test method GG2-87	≥95	≥95	≥95	≥95	≥95	≥95	-
Dimenzije role (m)	4/50	4/50	4/30	4/50	3,8/50	3,8/50	4/100

Polimerne se geomreže dobavljaju u rolama, a razastiru se na pripremljeno tlo u uzdužnom smjeru. Treba ih položiti tako da budu dobro i jednoliko napete u uzdužnom i poprečnom smjeru, tj. ne smije doći do većih boranja. Zbog toga se rubovi polimernih mreža moraju učvrstiti željeznim ili drvenim klinovima na razmacima po dva metra.

Uzdužne i poprečne nastavke polimernih geomreža treba spojiti i učvrstiti željeznim spojnicama Ø 5-8 mm u obliku slova „U“ na razmacima od po dva metra. Ako se uzdužni i poprečni nastavci ne spajaju, treba izvesti preklop od 20 do 30 cm.

Polimerne se geomreže ne smiju polagati na smrznuto tlo niti za vrijeme dok pada kiša. Rad treba organizirati tako da se položi samo tolika površina polimernih geomreža koja će se istog dana prekriti nasipnim slojem. Na razastrte polimerne geomreže nanose se i razastire nasipni materijal.

Izrada nasipa

Nasipni materijal nanosi se na uređeno temeljno tlo ili na već izrađeni sloj nasipa. Svaki sloj nasipa mora biti razastrt u uzdužnom smjeru ili nagibu koji je najviše jednak projektiranom uzdužnom nagibu nivelete. U poprečnom smjeru nasip uvijek mora imati minimalni poprečni pad u svim fazama izrade. Nasipni materijal treba navoziti po već djelomično zbijenom nasipu, po mogućnosti uvijek po novom tragu tako da se navoženjem omogući jednolično zbijanje slojeva nasipa. S nasipanjem novog sloja može se otpočeti tek kada je prethodni sloj dovoljno zbijen. Visina sloja nasipnog materijala

ovisi o vrsti nasipnog materijala i o dubinskom učinku strojeva za zbijanje. Nasipni materijal ne smije se ugrađivati u smrznutom stanju niti na smrznutu podlogu tj. kada na trasi ima snijega i leda. Po završetku nasipa dotjeruju se i planiraju njegovi pokosi.

Dimenzije nasipa moraju se tijekom rada kontrolirati i uspoređivati sa dimenzijama iz projekta mjerenjem od osiguranih iskolčenih točaka osovine ceste. Ako se ustanovi veći nagib pokosa nasipa od projektiranog, potrebno je ispraviti pokos nasipa pomoću izrade stepenica. Nije dopušteno smanjenje pokosa nasipa «naljepljivanjem» sloja materijala bez zbijanja i izrade stepenica.

Propisi na temelju kojih se obavlja kontrola kakvoće materijala, te tekuća i kontrolna ispitivanja za izradu nasipa prema hrvatskim normama (HRN): U.B1.010/79, U.B1.012/79, U.B1.014/68, U.B1.016/68, U.B1.018/80, U.B1.020/80, U.B1.024/68, U.B1.038/68, U.E1.010/81, U.E8.010/81, U.B1.046/68.

Tekućim i kontrolnim ispitivanjima obuhvatiti određivanje stupnja zbijenosti u odnosu na standardni Proctorov postupak (Sz) ili određivanje modula stišljivosti (Ms) kružnom pločom Ø 30 cm najmanje na svakih 1000 (2000) m² svakog sloja nasipa, te ispitivanje granulometrijskog sastava nasipnog materijala najmanje na svakih 4000 (8000) m³ izvedenog nasipa.

Ispitivanja je potrebno obavljati u serijama pri čemu je najmanji broj pokusa u jednoj seriji 5, s time da se dozvoljava da u jednoj seriji jedan od 5 rezultata može biti manji od minimalnog traženog, s time da po apsolutnoj vrijednosti ne odstupa za više od:

- 5 % pri mjerenju prostornih masa u suhom stanju
- 10 % pri mjerenju modula stišljivosti (Ms)
- za broj pokusa u jednoj kontrolnoj seriji manji od 5, potrebno je da se sve vrijednosti (rezultati) određene ispitivanjem budu veće od minimalno tražene.

a) Izrada nasipa od zemljanih materijala

Nasipi od zemljanih materijala izrađuju se u slojevima 30-50 cm, a materijal mora zadovoljavati sljedeće uvjete:

- granulacija materijala mora biti takva da je koeficijent nejednolikosti:

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}} \text{ veći od } 9$$

- nasipni materijal ne smije sadržavati više od 6 % organskih primjesa. Ako sadrži od 6 % do 10 % organskih tvari, njegovu pogodnost za ugradnju treba dokazati detaljnim laboratorijskim ispitivanjima
- optimalna količina vode mora biti manja od $W_{opt} \leq 25 \%$
- ne smije imati suhu prostornu masu (po standardnom Proctoru) manju od $Y_d = 1,50 \text{ g/cm}^3$ za nasipe visine do 3,0 m, a za nasipe više od 3,0 m $Y_d = 1,55 \text{ g/cm}^3$
- materijal ne smije imati granicu tečenja veću od $W^2 \leq 65 \%$
- materijal ne smije imati indeks plastičnosti veći od $I_p \leq 30$
- bubrenje materijala pod vodom nakon četiri dana ne smije biti veće od 4 %
- Proctorov broj $P_b = \frac{1}{\gamma_d} - \frac{1}{\gamma}$ mora iznositi $P_b = 0$ do 0,20

Tablica 3. Kriterij za ugradnju zemljanih materijala u nasip

Položaj nasipnih slojeva	Stupanj zbijenosti Sz (u odnosu na standardni Proctorov postupak), najmanje (%)	Modul stišljivosti Ms (ploča Ø 30 cm) najmanje (MN/m ²)
a) Slojevi nasipa visokih preko 2 m na dijelu od podnožja nasipa do visine 2 m ispod planuma posteljice	95	20
b) Slojevi nasipa nižih od 1 m i slojevi nasipa viših od 2 m u zoni 2 m ispod planuma posteljice	100	25

b) Izrada nasipa od miješanih materijala

Nasipi od miješanih materijala izrađuju se u slojevima 30 – 60 cm, a materijal mora zadovoljavati sljedeće uvjete:

- granulacija materijala mora biti takva da je koeficijent nejednolikosti:

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}} \text{ veći od } 9$$

- vlažnost materijala mora biti u granicama koje omogućuju postizanje propisane kakvoće ugradnje

Tablica 4. Kriterij za ugradnju miješanih materijala u nasip

Položaj nasipnih slojeva	Stupanj zbijenosti Sz (u odnosu na standardni Proctorov postupak), najmanje (%)	Modul stišljivosti Ms (ploča Ø 30 cm) najmanje (MN/m ²)
c) Slojevi nasipa visokih preko 2 m na dijelu od podnožja nasipa do visine 2 m ispod planuma posteljice	95	35
d) Slojevi nasipa nižih od 1 m i slojevi nasipa viših od 2 m u zoni 2 m ispod planuma posteljice	100	40

c) Izrada nasipa od kamenitih materijala

Nasipi od kamenitih materijala izrađuju se u slojevima 50 – 100 cm, a materijal mora zadovoljavati sljedeće uvjete:

- granulacija materijala mora biti takva da je koeficijent nejednolikosti:

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}} \text{ veći od } 4$$

- maksimalna veličina zrna ne smije biti jednaka najviše polovici debljine sloja, ali ne veća od 40 cm (pri čemu se dopušta da 15 % zrna bude veličine i do 50 cm).

Tablica 5. Kriterij za ugradnju kamenih materijala u nasip

Položaj nasipnih slojeva	Stupanj zbijenosti Sz (u odnosu na standardni Proctorov postupak), najmanje (%)	Modul stišljivosti Ms (ploča Ø 30 cm) najmanje (MN/m ²)
e) Slojevi nasipa visokih preko 2 m na dijelu od podnožja nasipa do visine 2 m ispod planuma posteljice	95	40
f) Slojevi nasipa nižih od 1 m i slojevi nasipa viših od 2 m u zoni 2 m ispod planuma posteljice	100	40

Izrada posteljice

Posteljica kao završni sloj nasipa ili usjeka mora biti ujednačene nosivosti, debljine do 50 cm, izrađena prema kotama iz projekta. Ispitivanje ravnosti i poprečnog pada posteljice obavlja se na svakih 100 m.

Kontrolu kakvoće materijala za izradu posteljice izvesti prema važećim hrvatskim normama (HRN): U.B1.010/79, U.B1.012/79, U.B1.014/68, U.B1.016/68, U.B1.018/80, U.B1.020/80, U.B1.022/68, U.B1.024/68, U.B1.038/68, U.B1.042/69, U.E1.010/81, U.B1.046/68.

Tekućim i kontrolnim ispitivanjem potrebno je obuhvatiti:

- određivanje stupnja zbijenosti u odnosu na standardni Proctorov postupak (Sz) – najmanje jedno na 1000(2000) m²
- određivanje modula stišljivosti (Ms) kružnom pločom 30 cm uređene posteljice – najmanje jedno na 1000(2000) m²
- najmanje jedno određivanje granulometrijskog sastava materijala posteljice na 6000(10000) m²
- najmanje jedno ispitivanje stupnja zbijenosti i modula stišljivosti na svakih 200 (400) m u zoni bankine
- ispitivanje kakvoće izrade posteljice potrebno je obavljati u serijama pri čemu je najmanji broj pokusa u jednoj seriji 5, s time da se dozvoljava da u jednoj seriji jedan od 5 rezultata može biti manji od minimalnog traženog, s time da po apsolutnoj vrijednosti ne odstupa za više od:
 - 5 % pri mjerenju prostornih masa u suhom stanju
 - 10 % pri mjerenju modula stišljivosti (Ms)
- za broj pokusa u jednoj kontrolnoj seriji manji od 5 potrebno je da sve vrijednosti određene ispitivanjem budu veće od minimalno tražene.

a) Izrada posteljice od zemljanih materijala

Uređenje posteljice miješanim materijalom zahtjeva planiranje, eventualnu sanaciju manjih dijelova slabije kakvoće boljim materijalom, eventualno prosušivanje ili vlaženje te zbijanje do propisane zbijenosti.

Materijal za izradu posteljice od miješanih materijala treba zadovoljavati ove kriterije:

- koeficijent nejednolikosti $U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ mora biti veći od 9,
- maksimalna suha prostorna masa prema standardnom Proctorovu postupku mora biti veća od $1,65 \text{ t/m}^3$,
- granica tečenja W_L mora biti manja od 40 %,
- indeks plastičnosti I_p mora biti manji od 20 %,
- bubrenje nakon 4 dana potapanja u vodi ne smije biti veće od 3 %,
- kalifornijski indeks nosivosti CBR mora biti veći od 3 %,
- vlažnost materijala ne smije varirati više od $\pm 2 \%$ od optimalne vlažnosti (određene standardnim Proctorovim postupkom).

Kriteriji za ocjenu kakvoće posteljice od zemljanih materijala jesu ovi:

- stupanj zbijenosti prema standardnom Proctorovu postupku $S_z \geq 100\%$,
- modul stišljivosti mjeren kružnom pločom $\varnothing 30 \text{ cm}$ $M_s \geq 30 \text{ MN/m}^2$

b) Izrada posteljice od miješanih materijala

Uređenje posteljice miješanim materijalom zahtjeva planiranje, eventualnu sanaciju manjih djelova slabije kakvoće boljim materijalom, eventualno prosušivanje ili vlaženje te zbijanje do propisane zbijenosti.

Materijal za izradu posteljice od miješanih materijala treba zadovoljavati ove kriterije:

- koeficijent nejednolikosti $U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ mora biti veći od 9,
- maksimalna veličina zrna je 60 mm (dopušta se da 10 % zrna bude veličina do 70 mm),
- vlažnost materijala ne smije varirati više od ± 2 % od optimalne vlažnosti (određene standardnim Proctorovim postupkom),
- radovi na posteljici ne smiju se obavljati kada je tlo smrznuto, odnosno kada na trasi ima snijega i leda.

Kriteriji za ocjenu kakvoće posteljice od miješanih materijala jesu ovi:

- stupanj zbijenosti prema standardnom Proctorovu postupku $S_z \geq 100\%$,
- modul stišljivosti mjeren kružnom pločom $\varnothing 30$ cm $M_s \geq 35$ MN/m²

c) Izrada posteljice od kamenitih materijala

Uređenje posteljice kamenitim materijalom obuhvaća poravnanje preostalih vrhova stijena, nasipavanje i razastiranje izravnavajućeg sloja od čistog sitnijeg kamena, njegovo planiranje i zzbijanje do potrebne zbijenosti. U nasipima završni sloj treba izravnati sitnijim kamenim materijalom.

Materijal za izradu posteljice od miješanih materijala treba zadovoljavati ove kriterije:

- koeficijent nejednolikosti $U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ mora biti veći od 9,
- maksimalna veličina zrna je 60 mm (dopušta se da 10% zrna bude veličina do 70 mm),
- radovi na posteljici ne smiju se obavljati kada je tlo smrznuto, odnosno kada na trasi ima snijega i leda,

Kriteriji za ocjenu kakvoće posteljice od miješanih materijala jesu ovi:

- stupanj zbijenosti prema standardnom Proctorovu postupku $S_z \geq 100\%$,
- modul stišljivosti mjeren kružnom pločom $\varnothing 30$ cm $M_s \geq 40$ MN/m².

Planirani promet na projektiranoj cesti je povremenog karaktera za teška vozila sa većim specifičnim pritiscima kotača. Za takve uvijete su pogodnije kolničke konstrukcije koje se sastoje od nevezanog zrnatog kamenog materijala, i koje ne pokazuju značajnije promjene i nastala oštećenja, a koja se mogu relativno lako i ekonomično otkloniti. Teren kroz koji prolazi trasa je brežuljkast sa nagibima nivelete od minimalnih 0,2 % do maksimalnih 2,70 %. Cesta je namijenjena dvosmjernom prometu sa jednom voznom trakom širine kolnika 3,0 m.

Kolnička konstrukcija dimenzionirana je za lakše (povremeno) prometno opterećenje na neograničen vremenski period ali uz potrebno redovito održavanje i popravljavanje prometnice.

Kao materijal za izradu kolničke konstrukcije od nevezanog zrnatog kamenog materijala mogu se koristiti:

- prirodni šljunak
- drobljeni kameni materijal
- lokalni zrnati materijali

Ovi materijali moraju zadovoljavati određene zahtjeve u pogledu:

- fizičko-mehaničkih i mineraloško-petrografskih svojstava samih zrna
- granulometrijskog sastava ukupnog materijala
- sadržaja organskih tvari i lakih čestica
- nosivosti

Zahtjevi u pogledu fizičko-mehaničkih svojstava su sljedeći:

- oblik zrna, zrna nepovoljnog oblika (3:1) - max 40 %
- upijanje vode (HRN B.B8.031) - max 1,6 %
- otpornost na habanje po metodi Los Angeles - max 45 %

Granulometrijski sastav upotrebljenih materijala mora zadovoljavati slijedeće uvijete:

- udio zrna manjih od 0,02 mm ne smije biti veći od 3 mas. %
- koeficijent nejednakosti $U = d_{60}/d_{10}$ mora se kretati u granicama $U = 15 - 100$ (za šljunak), odnosno $U = 15 - 50$ (za drobljeni kameni materijal)
- na granulaciju lokalnih zrnatih materijala ne postavljaju se posebni zahtjevi, ali se traži da materijali imaju sposobnost da se mehaničkim sredstvima mogu dobro učvrstiti i zbiti, a veličina najvećeg zrna ograničena je na $\frac{1}{2}$ predviđene debljine sloja.

Upotrijebljeni materijali ne smiju sadržavati više od 5 % organskih tvari i lakih čestica.

Zbijenost sloja kolničke konstrukcije mora biti takva da kamioni prilikom prometovanja ne ostavljaju nikakve tragove. Za mjerenje zbijenosti primjenjuje se postupak ispitivanja pomoću čelične kružne ploče Ø 30 cm pri čemu modul stišljivosti mora biti najmanje $M_s = 50 \text{ MN/m}^2$.

Ravnost površine mjeri se letvom dužine 4 m, a odstupanje smije biti najviše 2 cm. Odstupanje od projektiranog poprečnog nagiba smije biti najviše $\pm 0,5 \%$. Odstupanje debljine sloja od predviđene debljine u zbijenom stanju (srednja vrijednost) ne smije biti veće od 10 %. Neovisno o tome pojedinačne vrijednosti ne smiju biti za više od 15 % manje od predviđene debljine sloja.

Uzimajući u obzir značaj ceste, intenzitet i vrstu prometa kao i ostale zahtjeve, određeno je ukupno prometno opterećenje, a na temelju kojeg je izvršeno dimenzioniranje kolničke konstrukcije.

Glavni projektant

dr. sc. Marko Zorić, mag. ing. silv.